Aus dem Hygienischen Institut der Universität Breslau
(Direktor: Prof. Dr. Prausnitz)

Über die Verwendung von Chlorpräparaten in Tablettenform zur Trinkwasser-Desinfektion im Kleinbetrieb

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung
der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
bei der
Hohen Medizinischen Fakultät
der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Breslau

Vorgelegt von
Paul Panke
Zahnarzt

Breslau 1930
Buchdruckerei Leopold Freund, Breslau 1, Herrenstraße 30

Gedruckt
mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität Breslau

I. Berichterstatter: Professor Dr. Lubinski
II. Berichterstatter: Professor Dr. Prausnitz

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meiner Mutter in Dankbarkeit

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546319_0147

Die Gefahren, die die Benutzung rohen Oberflächenwassers für Trinkzwecke und im Haushalt mit sich bringt, und die Unmöglichkeit, sich überall ein einwandfreies, den hygienischen Anforderungen entsprechendes Grundwasser zu beschaffen, haben die verschiedenen Methoden zur Reinigung von Oberflächenwasser entstehen lassen. Die heutzutage gebräuchlichen Verfahren kann man in zwei Gruppen einteilen: und zwar in solche, die ihr Ziel auf physikalischem und solche, die es auf chemischem Wege zu erreichen suchen.

Zu der ersten Gruppe sind zu rechnen:

1. Alle Arten von Filter.
   (Sandfilter, Stufenfilter, Schnellfilter für zentralen Großbetrieb;
   Chamberlandsche Tonfilter, Berkefeldsche Kieselgurfilter für den Kleinbetrieb in der Häuslichkeit).
   Hierbei müssen grobe Verunreinigungen durch Kläranlagen oder Vorfilter entfernt werden, während die eigentlichen Filter die Bakterien zurückhalten.
2. Ultraviolette Strahlen.
   Diese wirken ausschließlich auf die Bakterien. Eine diese abtötende Wirkung ist jedoch nur in klarem, von jeder Trübung freiem Wasser zu erzielen. Das Wasser erfordert daher sorgfältige Vorklärung; außerdem ist das Verfahren auch sehr kostspielig.

Von den chemischen Verfahren seien angeführt:

1. Die Ozonisierung.
   Hierbei wirkt Ozon in solcher Konzentration auf das Wasser, daß Bakterien der Coligruppe sicher zugrunde gehen; nur sehr widerstandsfähige, aber dafür harmlose Saprophyten werden nicht abgetötet. Die Wirkung tritt nur bei völlig klarem Wasser ein, daher ist ebenfalls Vorklärung nötig. Die Menge des zugesetzten Ozons hängt ab von der Menge der im Wasser gelösten organischen Substanzen, da diese noch vor den Bakterien das Ozon absorbieren.
2. Die Chlorierung.
   Diese nimmt unter den verschiedenen Verfahren der Entkeimung des Wassers durch Chemikalienzusatz unbestritten eine, wenn nicht die führende Stellung ein.

Die keimtötende Kraft des Chlors ist verhältnismäßig früh erkannt worden. Schon in der vorbakteriologischen Zeit (1872) hat D o u g a l experimentell die Einwirkung von Chlorkalk-

dämpfen auf Schutzpockenlymphe geprüft. Fischer und Proskauer berichteten 1884 über die Desinfektionswirkung des Chlors; in zahlreichen Nachprüfungen wurden deren Befunde bestätigt. Zur Sterilisation des Wassers verwandte als erster Traube (1894) die keimtötende Wirkung des Chlors, indem er die Benutzung von Chlorkalk vorschlug, dessen Ueberschuß allerdings durch neutralisierende Chemikalien zu beseitigen war. An die Traube'schen Vorschläge schlossen sich die Arbeiten einer Reihe deutscher Autoren (Lode, Hünermann und Deiter, Ballner, Schüler, Engels u. a.) an, die die Theorie und die Grenzen der Wirksamkeit der Entkeimung des Wassers mit Chlor eingehend behandelten. Wenn trotzdem das Chlorierungsverfahren — auch in seinen abgeänderten Formen z. B. des Zusatzes von Chlorgas — in Deutschland keinen rechten Eingang finden konnte, so lag dies nach der Ansicht von Gärtner sowie von Graßberger und Noziczka in der allzu starken Betonung der Insuffizienz der Entkeimung bei übertrieben strengen Versuchsbedingungen und dem besonderen Hinweis darauf, daß die Abtötung der Keime bei der praktisch anzuwendenden Konzentration und Einwirkungsdauer keine absolute sei. Der außerordentliche Umfang und der Erfolg der Verwendung von gechlortem Oberflächenwasser in Amerika jedoch — nach Graßberger und Noziczka sollen im Jahre 1924 bereits 3000 Städte mit 6000 Anlagen hierfür in Frage gekommen sein — hat schließlich auch in Deutschland die hartnäckigsten Skeptiker beruhigt. Die Arbeiten von Bruns und Ulsamer berichten eingehend über die Einführung, Art der Verwendung und die Erfolge des Chlorierungsverfahrens im Ruhrgebiet, das durch seinen Mangel an Grundwasser bei sehr großem Wasserbedarf zur Verwendung von Oberflächenwasser gezwungen ist. Ferner haben Gärtner, Wesenberg (über die Desinfektion des Trinkwassers im Felde), Selter und Hilgers, Lutz, Arno Müller, u. a. Angaben über die erfolgreiche Anwendung des Chlorierungsverfahrens gemacht.

Das Chlor kann nun in den verschiedensten Formen dem Wasser zugesetzt werden; der Weg führt hier vom Chlorkalk zunächst zu Chlorlaugen (L'Hermite) und weiterhin zum Chlorgas, das heute für die Desinfektion des Wassers im Großbetrieb eine ausschlaggebende Rolle spielt. Darüber hinaus bemühten sich die chemischen Fabriken, die verschiedensten, mehr oder minder wirksamen Chlorpräparate herzustellen. Es seien hier nur Kaporit, Ergichlor, Aquapurol, Chloramin usw. genannt. Im Laufe weniger Jahre sind eine große Anzahl solcher Präparate hergestellt worden; und in der Fachliteratur erscheinen immer wieder Veröffentlichungen, die solche neuen Präparate befürworten oder ablehnen.

Es soll nicht die Aufgabe dieser Arbeit sein, über den chemischen Prozeß des Chlorierungsverfahrens zu berichten. Darstellungen hierüber finden sich in den Arbeiten von

Gärtner, von Graßberger und Noziczka u. a. Ein wichtiger Punkt aber soll hier hervorgehoben werden: In allen Arbeiten erscheint immer wieder die Forderung, es müsse nach Beendigung der Einwirkungszeit des Desinfektionsmittels ein bestimmter Ueberschuß an wirksamem Chlor übrig bleiben, da die Menge des zur Desinfektion notwendigen Chlors verschieden ist und sich richtet 1. nach dem Grad der Trübung, 2. nach dem Gehalt an gelöster organischer Substanz, 3. nach der Zahl der Keime im Rohwasser. Wie Hahn, Schütz und Pavlides in ihrer Arbeit „Ueber den Chlorungseffekt im Trinkwasser" hervorheben, ist die Chlormenge, die von den einzelnen Autoren für einen ausreichenden bakteriologischen Effekt benötigt wurde, sowohl in den Laboratoriumsversuchen als auch in der Praxis recht verschieden. Es lag nahe, die Gründe hierfür bei denjenigen Substanzen zu suchen, die die chemische Beschaffenheit und den Grad der Verunreinigung des Wassers bestimmen. Hierfür kommt in erster Linie die organische Substanz in Betracht. Selter und Hilgers, Gärtner, Hairi, Keiser, Elmanowitsch und Zaleski, Froboese u. a. haben darauf hingewiesen, daß bei Anwesenheit von organischer Substanz das Chlor im Wasser nicht gelöst bleibt und seine bakterizide Wirkung nicht entfalten kann, sondern daß es durch diese Substanzen gebunden wird. In Verfolg dieser Erkenntnis suchte man die für die Desinfektion notwendige Chlormenge in Beziehung zu setzen zu der Menge der organischen Substanz, welche nach der Kubel-Tiemann'schen Methode bestimmt wird. Hierbei stieß man jedoch bald wieder auf Schwierigkeiten, da nicht alle organischen Substanzen für Kaliumpermangnat gleichmäßig stark angreifbar sind, und ebenso nicht alle organischen Substanzen gleichmäßig Chlor zu binden vermögen. Nach Hairi gehören zu denjenigen organischen Substanzen, welche zwar durch die Kaliumpermangnatmethode besonders gut nachgewiesen werden können, aber nur ein geringes Chlorbindungsvermögen besitzen: Kohlehydrate, Kohlehydratabfallsprodukte, Stärke und Zucker; die für Chlor angreifbaren organischen Substanzen, die aber nur eine geringe Oxydierbarkeit durch Kaliumpermangnat besitzen, werden durch Eiweiß oder Eiweißzerfallsprodukte wie beispielsweise Harnstoff dargestellt.

Zur Erzielung einer ausreichenden Desinfektionswirkung hat man also zu berücksichtigen, daß der Chlorverbrauch eines Wassers zu seiner Oxydation durch Kaliumpermangnat keineswegs immer in einem direkten Verhältnis steht, sondern daß beide Werte — bis zu einem gewissen Grade — von einander unabhängig sind. Es geht daher nicht an, bei der Chlorierung schematisch zu verfahren. Wie Hahn, Schütz und Pavlides ausdrücklich betonen, muß der Chlorzusatz und damit auch der Chlorüberschuß nach der Menge der organischen Substanz bemessen werden. Erst wenn die gesamte organische Substanz durch das Chlor oxydiert ist, gewährleistet die dann

noch vorhandene Menge an freiem Chlor einen ausreichenden bakteriologischen Effekt. Es ist von größter Wichtigkeit, bei der Prüfung eines neuen Desinfektionspräparates dieses Moment zu berücksichtigen; und es würde nun auf Grund des vorhin Gesagten nahe liegen, die Wirksamkeit der verschiedenen Chlorpräparate danach zu messen, daß man einfach nach beendigter Einwirkungszeit den Nachweis noch vorhandenen freien Chlors führt. Leider bekommt man jedoch mit dieser Methode nicht bei allen Chlorpräparaten Resultate, die eine klare Beurteilung der Zuverlässigkeit eines solchen Mittels zulassen. Zur Erklärung dafür, daß der Nachweis eines Chlorüberschusses allein nicht ausreicht, seien die Feststellungen aus einer Arbeit von Bauer, Noziczka und Stüber angeführt. Diese Autoren unterscheiden bezüglich der bakteriziden Wirksamkeit des Chlors drei verschiedene Arten:

I. Fest gebundenes Chlor,
das nicht titrierbar und bakterizid unwirksam ist.

II. Scheinbar freies Chlor,
das tritierbar, aber nur beschränkt bakterizid wirksam ist.

III. Wirklich freies Chlor,
das titrierbar und bakterizid wirksam ist.

Diese Feststellung ist von großer Bedeutung, da man dadurch weiß, daß der Chlorgehalt, den man titrimetrisch bestimmt, nicht dem Gehalt an tatsächlich freiem und somit bakterizid wirksamem Chlor entspricht. Es kann daher sehr wohl Chlor noch nachgewiesen werden und trotzdem eine Bakterienabtötung fehlen. Infolgedessen wird diese Methode zur Nachprüfung der Desinfektionskraft eines Chlorpräparates von Langer sogar vollkommen abgelehnt.

Nachdem das Chlorierungsverfahren zur Herstellung hygienisch einwandfreien Trinkwassers im Großbetrieb Eingang gefunden hatte, war die chemische Industrie bemüht, auch Verfahren auszuarbeiten, die die Keimfreimachung von kleinen Trinkwassermengen durch Zusatz von Chlorpräparaten gestatteten. Diese Bemühungen sind natürlich sehr zu begrüßen, da ja ein Mangel an brauchbarem Trinkwasser nicht nur in Großstädten mit zentraler Wasserversorgung besteht, sondern sehr häufig auch in kleineren Ortschaften, in denen jedes Gehöft seine eigene Wasserquelle oder einen eigenen Brunnen besitzt, und wo die Infektion einer solchen Wasserquelle schon zu den schwersten Gesundheitsschädigungen, ja sogar zu Epidemien geführt hat.

Mittel, die für die Entkeimung kleinerer Trinkwassermengen bestimmt sind, müssen aber besonders scharf auf ihre Zuverlässigkeit hin untersucht werden; sollen sie doch dem Laien in die Hand gegeben werden, der nicht die für die Beurteilung der Anwendungsmöglichkeit erforderlichen Kenntnisse besitzt.

Was muß man nun von einem solchen Präparat verlangen? Hier müssen vier Kardinalforderungen erhoben werden:

1. Es muß absolut zuverlässig auch hohe Konzentrationen von Mikroorganismen, die resistenter sind als die widerstandsfähigsten pathogenen, abzutöten imstande sein.
2. Dieser Effekt muß auch bei verhältnismäßig starker Verunreinigung des Wassers mit organischer Substanz zustande kommen.
3. Die Wirkung muß in praktisch brauchbar kurzer Zeit eintreten.
4. Der Geschmack des Wassers darf nur ganz unwesentlich im ungünstigen Sinne verändert werden.

Unter Berücksichtigung dieser vier Forderungen habe ich die von der chemischen Fabrik H e y d e n hergestellten Hydrosept-Tabletten — enthaltend 0,05 g Chloramin —, welche zur raschen Desinfektion kleinerer Mengen Trinkwassers im Haushalt besonders bei Epidemien, auf Wanderungen, Exkursionen, Märschen usw. dienen sollen, auf ihre Wirksamkeit hin geprüft.

Bevor ich nun von meinen eigenen Versuchen berichte, sei es erlaubt, eine kurze Betrachtung des bisher über Chloramin-Heyden veröffentlichten Schrifttums vorauszuschicken.

Nach Angabe der Fabrik ist Chloramin

p-Toluolsulfonchloramidnatrium

von der Formel: $C_6H_4 < \begin{matrix} CH_3 \\ SO_2 \end{matrix} \cdot N < \begin{matrix} Na + 3H_2O \\ Cl \end{matrix}$

Seine Desinfektionskraft beruht in der Hauptsache auf dem Freiwerden von aktivem Sauerstoff, der eine oxydierende Wirkung ausübt, charakterisiert in einer starken Schädigung bezw. Abtötung der Mikroorganismen. In therapeutischen Dosen und Konzentrationen sind bemerkenswerte Giftwirkungen — nach den Urteilen von L e n z, L o r e n z und F e t s c h e r — weder lokal noch allgemein bisher beobachtet worden.

Der Oxydationswert kann chemisch festgestellt werden durch Bestimmung des Gehaltes an sogenanntem wirksamen Chlor mittels Titration in saurer Lösung. Der Gehalt an wirksamem Chlor soll nach Angabe der Fabrik für Chloramin etwa 25 Proz. des vorhandenen Chlors betragen. Nach der obigen Formel, die einem Molekulargewicht von 281,5 entspricht, würde der Chlorgehalt 12,4 Proz. betragen, d. h. für 1 Tablette von 50 mg Chloramin 6,2 mg Chlor. Hiervon sollen etwa 25 Proz., d. h. rund 1,6 mg wirksam sein.

Ich habe nun in einer Reihe von Versuchen zunächst einmal den Gehalt der Hydrosept-Tabletten an freiem Chlor titrimetrisch bestimmt und dabei innerhalb von Schwankungen zwischen 0,9—1,5 mg einen ähnlichen Wert erhalten, nämlich durchschnittlich 1,3 mg Chlor. Zur Titration bediente ich mich der in G o t s c h l i c h's Handbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden Band I angegebenen Arbeitsweise: Eine

Tablette wurde in einem Liter aq. dest. bezw. sterilem Leitungswasser gelöst, und dann 100 ccm in einen Erlenmeyerkolben von 300 ccm Fassungsvermögen gegeben. Diese wurden mit 5 ccm einer 5% Jodkalilösung, 2 ccm 50% Essigsäure und 2—3 Tropfen einer 1% Stärkelösung versetzt und gegen eine n/100 Natriumthiosulfatlösung bis zum Verschwinden der Blaufärbung titriert. Jeder verbrauchte ccm Natriumsulfat entspricht 0,354 mg Chlor. Entsprechend den Schwankungen im Chlorgehalt fand sich, wenn 2 Tabletten in 1 Liter gelöst waren, nie der doppelte Wert, sondern ein teils höherer, teils niederer. Es ist natürlich möglich, daß diese Schwankungen auf Ungenauigkeiten der Meß-Methodik beruhen; ich möchte aber eher annehmen, daß die Dosierung der Tabletten — wahrscheinlich infolge technischer Schwierigkeiten — nicht ganz einheitlich ist.

Zahlreiche Autoren haben sich nun bereits mit der Feststellung der Desinfektionskraft des Chloramins — nichts anderes sind ja die Hydrosept-Tabletten — beschäftigt. Unter Berufung auf die von Weyrauch und Fetscher erzielten Resultate gibt die Fabrik an, der chemisch bestimmte Oxydationswert besage nur, ob und wieviel Chloramin in der betreffenden Lösung vorhanden war, er bilde jedoch keinen absolut sicheren Maßstab für die desinfizierende und bakterientötende Kraft des Chloramins, da die Desinfektionskraft chlorhaltiger, Sauerstoff abgebender Desinfektionsmittel nicht ihrem Gehalt an wirksamem Chlor parallel geht. Chloramin habe sich bei den dahingehenden Untersuchungen durch eine im Verhältnis zum Chlorgehalt besonders hohe Desinfektionskraft ausgezeichnet.

Die Urteile der meisten Autoren, die über die Desinfektionskraft des Chloramins berichtet haben, lauten dementsprechend auch fast durchweg günstig. Chloramin hat daher in den verschiedensten Zweigen der Medizin Eingang gefunden. Es seien hier nur Chirurgie, Gynäkologie, Zahnheilkunde, Hebammenpraxis, Seuchenbekämpfung, Veterinärmedizin erwähnt. Im einzelnen sei noch nachstehendes angeführt:

Dakin berichtet, daß dem Chloramin eine bedeutende antiseptische Kraft bei nur geringer Giftwirkung zukomme. Die Untersuchungen von Dold ergaben, daß Chloramin, selbst in sehr schwacher Konzentration, die Bakterien schädigt, indem sehr verdünnte Chloraminlösungen etwa ebenso stark wirken wie Phenollösungen von 100fach stärkerer Konzentration. Klimmer und Berger, Trautmann, Fetscher fanden übereinstimmend, daß 0,1% Lösungen von Chloramin im wässrigen Medium die gleich starke Desinfektionswirkung entfalten, wie 0,1% Sublimatlösungen, wobei im eiweißhaltigen Medium, also auch bei Gegenwart von Wund- und Gewebssäften, Chloraminlösungen innerhalb gewisser Grenzen wirksam bleiben, während Sublimat hier gänzlich versagt. Nach Bergin soll die bakterizide Kraft des Chloramins im Vergleich zu der üblichen Kresolseifenlösung etwa 20 Mal stärker sein. Nach

den Untersuchungen von Weyrauch ergab sich —wie bei Dold — für Chloramin gegenüber Typhusbazillen der Phenolkoeffizient 100, gegenüber Staphylokoken 133. Kresolseifenlösungen zeigten gegenüber Typhusbazillen nur einen Phenolkoeffizienten von 1,2—1,8; gegenüber Staphylokoken nur 1 bis 1,3. Noch geringer war die Wirkung des Formaldehyd mit einem Phenolkoeffizienten von nur 0,1—0,3. Nach Fetscher, Hofmann, Köser und Hieber ergab sich sogar eine abtötende Wirkung des Chloramins gegenüber Milzbrandsporen bei entsprechender Konzentration; Uhlenhuth und Hailer, Brunk u. a. fanden auch eine solche gegenüber tuberkulösem Sputum; allerdings konnte diese bei einer Nachprüfung von Laubenheimer nicht bestätigt werden. Endlich berichteten Dold, Seligmann und Ditthorn, Bergin, Dobbertin u. a. über die Wirksamkeit des Chloramins bei der Händedesinfektion. Typhusbazillen wurden nach Fetscher im wässrigen Medium durch 1% Chloraminlösungen in etwa 20 Sekunden vernichtet. In ähnlicher Richtung bewegen sich die Angaben Putnoky's.

Bei der Desinfektion von Trinkwasser unter den Verhältnissen, für die die Hydrosept-Tabletten bestimmt sind, ist die Sachlage allerdings eine wesentlich andere. Einmal muß darauf Rücksicht genommen werden, daß zu hohe Chlorzentrationen das Wasser ungenießbar machen; eine künstliche Entfernung des Chlors aber ist praktisch, besonders auf Wanderungen usw., viel zu umständlich. Ferner darf die Zeit, in der eine absolut sichere Keimabtötung eintritt, nicht zu lang sein; denn gerade diejenigen Personen, für deren Gebrauch solche Präparate bestimmt sind — Teilnehmer an Märschen, Wanderungen, Exkursionen, Expeditionen, Schiffer und dergleichen — werden am wenigsten geneigt sein, bei eintretendem Verlangen nach Trinkwasser allzu lange zu warten, wenn sie erst einmal Wasser vor sich haben.

Auch über die Brauchbarkeit des Chloramins als Desinfektionsmittel für kleinere Trinkwassermengen liegen bereits einige Veröffentlichungen vor:

Nach Fetscher genügen 5 mg Chloramin, um einen Liter 2500—10 000 Keime Bakterium Coli enthaltendes Trinkwasser in 10 Minuten zu entkeimen. Nach Techoueyres und Pillement genügen 5—20 mg Chloramin je Liter, um die Keimfreiheit eines Wassers herzustellen, das vor der Behandlung im Liter 10 000 Colibakterien und 50 000 andere Keime enthielt. Nach Ibanez genügen zur Entkeimung eines Liters Wasser bei ½stündiger Einwirkungszeit 4 mg Chloramin; bei stark verseuchtem Wasser empfiehlt er 10 mg bei gleicher Einwirkungszeit. Hoder berichtet, daß künstlich mit Bakterium Coli infiziertes Brunnenwasser — 226 000 Keime je ccm — durch 10 mg Chloramin im Liter nach 10 Stunden entkeimt wurde; bei Verwendung von 20 mg Chloramin trat bereits nach 10 Mi-

nuten allerdings nur eine Keimverminderung von 226 000 auf 18 000, jedoch keine restlose Abtötung ein. 2000 Typhusbazillen je ccm wurden durch 20 mg Chloramin im Liter nach 1 Stunde, durch 30 mg bereits nach 10 Minuten abgetötet.

Seit einiger Zeit kommt nun das Chloramin als Trinkwasserdesinfektionsmittel in Form von Tabletten in den Handel. Ursprünglich enthielten diese Tabletten (Hydrosept-Tabletten) 0,005 g Chloramin — siehe die von Hilgers erzielten Resultate —, neuerdings enthalten sie 0,05 g. Nach Hilgers, der mit Hydrosept-Tabletten zu 0,005 g Chloramin arbeitete, sind 1—2 Tabletten zur Entkeimung eines halben Liters reinen Leitungswassers ausreichend. Bei Verwendung von einem Versuchswasser, das zu gleichen Teilen aus Rhein- und Leitungswasser bestand, und das mit Bakterium Coli und menschlichen Fäces infiziert wurde, war ein Erfolg erst zu erzielen, als eine soweitgehende Keimverminderung vorgenommen wurde, daß im Wasser nur noch 140 Keime vorhanden waren. Bei einem Zusatz von 5 Tabletten auf 1 Liter bei 5 Minuten langer Einwirkung konnte trotz der geringen Keimzahl nur eine Keimverminderung auf 10 Keime erreicht werden; nach 1 Stunde Einwirkung der Tabletten war das Ergebnis noch unverändert. Abschließend gelangt Hilgers zu dem Urteil, daß die Hydrosept-Tabletten zwar für reines, nicht verschmutztes Wasser geeignet, in dem allgemein gehaltenen Ausdruck eines zuverlässigen Entkeimungsmittels auf Märschen, Expeditionen usw. aber nicht anwendbar sind, da mit Zunahme des Gehaltes an organischer Substanz bezw. des Chlorbindungsvermögens die Wirkung verlangsamt und verringert wird; als weiterer Mangel wird ferner die langsame Lösung hervorgehoben. Hilgers glaubt jedoch, daß sich durch irgend einen Zusatz möglicherweise der Wirkungsablauf des Chloramins beschleunigen oder die Wirkung des aktiven Sauerstoffs verstärken ließe.

Die beiden nun noch zu besprechenden Autoren arbeiteten bereits mit den neuen Hydrosept-Tabletten zu 0,05 g Chloramin. Dudulowa, die ihre Versuche nur auf natürliches, nicht künstlich mit Krankheitserregern infiziertes Bassin-, Brunnen- und Leitungswasser beschränkte, kommt zu dem abschließenden Urteil, daß die Hydrosept-Tabletten nicht als ein zuverlässiges Entkeimungsmittel auf Märschen, Exkursionen usw. angesehen werden können, da ihre Wirkung zu sehr von der chemischen Beschaffenheit des Wassers abhängt. Als Nachteil wird wie von Hilgers die lange Dauer der Lösungszeit, die die Tabletten beanspruchen, hervorgehoben. Im Gegensatz hierzu stellt Lindemann den Hydrosept-Tabletten ein recht gutes Zeugnis aus. In ihren Versuchen konnte sie bei 4000 Colibakterien je ccm 1 Liter Leitungswasser mit 1 Tablette nach 30 Minuten völlig entkeimen. Dagegen mißlang ihr dies bei einem mit organischen Substanzen natürlich verunreinigtem bezw. mit Pepton künstlich versetztem Wasser. Auch nach einer Einwirkungszeit von 1 Stunde konnte trotz sehr niedrigen

Keimgehaltes keine völlige Keimabtötung, sondern nur eine Keimverminderung erzielt werden.

Ein Gemeinsames haben jedenfalls die Urteile aller Autoren, nämlich daß die keimtötende Kraft des Chloramins stark beeinträchtigt wird bei einem Wasser, das einen hohen Gehalt an organischen Substanzen aufweist. Die Erklärung hierfür ist nach Hailer darin zu suchen, daß „die Zersetzung des Chloramins im Wasser nicht momentan und vollständig erfolgt, sondern nur bis zu einem Gleichgewicht zwischen unzersetztem Präparat und Hypochlorit. Verschwindet ein Teil des letzteren durch Oxydationsvorgänge oder andersartige Bindung, so zersetzt sich ein neuer Teil des gelösten Präparates, so daß stets eine gewisse Konzentration an dem bakterizid ja sehr wirksam Hypochlorit in Lösung vorhanden ist. Das Sulfamid das andere Spaltungsprodukt, ist ohne jedes Keimtötungsvermögen, auch in gesättigter Lösung." Eine Chloraminlösung wirkt also nach Hailer nicht entsprechend ihrem potentiellen, d. h. entwickelbaren Chlorgehalt, sondern nach dem aktuellen, momentan vorhandenen und ist daher viel schwächer als die aus Chlorgas und Hypochloriten hergestellten wässrigen Chlorlösungen.

Diese Tatsachen sind sehr beachtenswert für den Fall, daß die Desinfektion eines an organischen Substanzen reichen Wassers erstrebt werden soll; hier dürfte ein positiver Erfolg in praktisch brauchbarer Zeit und mit einer den Geschmack des Wassers nicht beeinträchtigenden Dosierung entweder gar nicht oder doch nur nach sehr langer Einwirkungszeit der Hydrosept-Tabletten zustande kommen.

Sehr interessant sind daher in diesem Zusammenhang die Untersuchungsergebnisse Klepetar's. Wie bereits erwähnt, hatte Hilgers auf die Möglichkeit hingewiesen, durch chemische Zusätze den Wirkungsablauf des Chloramins zu beschleunigen;; Klepetar gelang es, diesen Effekt durch Zugabe von Essigsäure zu erreichen. Nach seiner Ansicht besitzt Chloramin die Eigenschaft, Natriumhypochlorit, das in neutraler Lösung nur sehr langsam aktiven Sauerstoff liefert, ganz allmählich abzuspalten. Es stand zu erwarten, daß bei Beschleunigung dieser Reaktion eine vollständige Desinfektion mit geringen Mengen in küzerer Zeit erreicht werden würde. Eine solche Beschleunigung war durch Vermehrung der H-Ionen zu erwarten. Klepetar erzielte diese durch Zugabe von Essigsäure. Während mit Bakterium Coli infiziertes Wasser in neutraler Lösung durch 0,1 g Chloramin je Liter erst nach 6 Stunden vollständig entkeimt war, gelang dies nach Hinzufügung von 0,5 ccm Essigsäure bereits nach 10 Minuten. Kontrollversuche mit Essigsäure allein zeigten, daß diese keinerlei Einfluß auf das Bakterienwachstum ausübte. Klepetar empfiehlt daher die Chloramin-Essigsäure-Desinfektion des Trinkwassers besonders dort, wo es gilt, möglichst rasch brauchbares Trinkwasser zu beschaffen.

Wenn man die bisher gemachten Ausführungen, soweit sie die Desinfektion des Trinkwassers mit Chloramin — insbesondere bei Verwendung der Hydrosept-Tabletten — betreffen, zusammenfaßt, so ergibt sich folgendes Bild: Hilgers, der sehr umfassende Versuche angestellt hat, konnte bei Verwendung von Tabletten zu 0,005 g Chloramin keine befriedigenden Resultate erzielen und lehnte daher die Tabletten als wirksames Desinfektionsmittel für den für sie gedachten Zweck ab. Ueber die neuen Tabletten zu 0,05 g Chloramin liegen die Urteile von Dudulowa und Lindemann vor. Eigenartigerweise kommen diese beiden Autoren zu einem genau entgegengesetzten Ergebnis. Dudulowa konnte selbst bei Verwendung von nur natürlich verunreinigtem und nicht mit krankheitserregenden Keimen infizierten Oberflächenwasser keine völlige Abtötung, ja nicht einmal eine nennenswerte Verminderung der Keime erzielen. Von ihr werden die Hydrosept-Tabletten als ungeeignet abgelehnt. Lindemann dagegen glaubt, die Tabletten empfehlen zu können, obwohl sich ihre Meinung nur darauf stützt, daß sie bei reinem Wasser mit verhältnismäßig niedrigem Keimgehalt eine völlige Abtötung erzielen konnte, während bei Anwesenheit von organischer Substanz trotz ebenfalls niedrigen Keimzahlen nur eine Keimverminderung — und dies auch erst nach 1 Stunde — eintrat.

Angesichts dieser widersprechenden Meinungen erschien es angebracht, durch eine neuerliche Nachprüfung die Desinfektionskraft der Hydrosept-Tabletten festzustellen.

Eigene Versuche.

Ich war vor allen Dingen bemüht, meine Versuche so zu gestalten, daß den oben angegebenen, an ein Trinkwasserdesinfektionsmittel zu stellenden Forderungen Rechnung getragen wurde. Zunächst war zu entscheiden, auf welche Bakterien sich die Untersuchung zu erstrecken hatte. Praktisch kommen als Wasserverunreiniger — abgesehen von den in Gerbereiabwässern vorkommenden Milzbrandbazillen und -sporen — fast ausschließlich Darmbakterien in Frage, d. h. von pathogenen: Typhus- und Paratyphusbazillen in unseren Breiten, Cholerabazillen außerhalb Deutschlands. Die Forderung, daß alle im Wasser vorkommenden Keime — auch die sehr widerstandsfähigen, aber harmlosen Sporenbildner — abgetötet werden müssen, ist zu weitgehend. Soweit es sich aber um pathogene Mikroorganismen handelt, muß eine absolut zuverlässige Vernichtung verlangt werden. Es genügt daher noch nicht, daß ein Desinfektionsmittel auf die verhältnismäßig empfindlichen Typhus- und Cholerabazillen mit Sicherheit einwirkt; wir müssen einen höheren Sicherheitskoeffizienten haben. Und dieser besteht darin, daß auch das Bakterium Coli als das resistenteste der gesamten Typhus-Coli-Gruppe zuverlässig und regelmäßig abgetötet wird. Für meine Untersuchung wurde daher das Bakterium Coli als Indikator gewählt, das ja heutzutage allgemein als Gradmesser der Wasserreinheit benutzt

wird. Man kann sich dabei auch nicht mit einer Keimverminderung begnügen, sondern muß eine restlose Abtötung verlangen. Hierbei ist es gleichgültig, ob es sich um ein Bakterium Coli menschlichen oder tierischen Ursprungs handelt, da nach der Ansicht von Bürger die in einem Trinkwasser gefundenen Colikeime — so lange es nicht unumstößlich bewiesen ist, daß sie aus dem Darm von Tieren stammen — hygienisch so zu bewerten sind, als sei ihre Herkunft aus dem menschlichen Darm zweifelsfrei festgestellt. Also sind, so lange wir praktisch kein Mittel haben, einwandfrei zu entscheiden, ob im Einzelfalle aus dem Trinkwasser gezüchtete Colikeime menschlichen oder tierischen Ursprungs sind, sämtliche dort gefundenen, echten Colikeime als vom Menschen stammend anzusehen und hygienisch so zu bewerten. Bürger verlangt, daß nach der Chlorung des Wassers Bakterium Coli überhaupt nicht mehr nachgewiesen wird, selbst nicht bei der Untersuchung von einem oder mehreren Litern.

Dementsprechend habe ich die Wirkung der Hydroseptt-Tabletten untersucht auf:

1. Typhusbazillen in Reinkultur in reinem Leitungswasser,
2. Colibazillen in Reinkultur in reinem Leitungswasser,
3. Colibazillen in Stuhlpartikelchen, die reinem Leitungswasser zugesetzt waren,
4. Rohes Oderwasser ohne weiteren Bakterienzusatz,
5. a) Colibazillen in Reinkultur in reinem Leitungswasser bei Zugabe von Essigsäure.
   b) Rohes Oderwasser ohne weiteren Bakterienzusatz bei Zugabe von Essigsäure.

Zunächst wurde die Wirkung der Tabletten auf die relativ empfindlichen Typhusbazillen in reinem Leitungswasser untersucht. Die Dosierung der Bakterienzusätze erfolgte mit der Normal-Oese; die verwendete Kultur war 24 Stunden bei 37° C. bebrütet worden. 1 Normal-Oese wurde in 10 ccm sterilem aq. dest. verrieben, so daß 1 ccm $^1/_{10}$ Normal-Oese enthielt. Durch weitere Verdünnung wurde der Bakteriengehalt eines ccm auf $^1/_{50}$ Normal-Oese gebracht. Von diesen Aufschwemmungen wurde je 1 ccm d. h. $^1/_{10}$ bezw. $^1/_{50}$ Normal-Oese einem Liter gewöhnlichen Leitungswasser zugesetzt. Obgleich hierbei keine absolute Gleichheit der Bakterienzahlen zu erzielen ist, können wir die Messung mit der Normal-Oese, wie wir aus den Erfahrungen des Pfeiffer schen Bakterizidie-Versuches wissen, als hinreichend genau ansehen. Vor der Zugabe der Tabletten wurden zum Zwecke der Keimzählung je 1.0, 0.5 und 0.1 ccm einer 100fachen Verdünnung mit sterilem aq. dest. zu Gelatineplatten gegossen; nach 48 stündiger Bebrütung bei 20° C. wurden die angegangenen Kolonien nach der Methode Wolffhügel ausgezählt.

Nach der Zugabe der Tabletten wurde in regelmäßigen Zeitabständen je 1 ccm des Wassers mit steriler Pipette entnommen und in Nährbouillon gegeben, diese 48 Stunden bei

37° C. bebrütet und danach von den Trübung und damit Bakterienwachstum zeigenden Röhrchen je 1 Oese auf Endoagar ausgestrichen, der für 24 Stunden in den Brutschrank kam. Die Identifizierung der dann gewachsenen Kolonien erfolgte nach den Methoden der bakteriologischen Diagnostik. Endlich wurde bei fast allen Versuchen nach der letzten Probeentnahme der Chlorgehalt gemäß der in dem Handbuch von Gotschlich angegebenen Methode bestimmt. Ich habe mich darauf beschränkt, die Wirkung von 1 und höchstens 2 Tabletten auf je 1 Liter Wasser zu untersuchen, da größere Mengen praktisch nicht in Frage kommen.

Tabelle I

Wirkung der Hydrosept-Tabletten auf 1 Liter mit Typhusbazillen versetztes Leitungswasser:

	Keimgehalt in Normal-Oese je 1 Liter	entsprech Bakte ien-zahl i. 1 ccm	Zahl der zugegeb. Tabletten	Ergebnis nach Minuten 10	15	20	30	45	60	120	Chlor-überschuß in mg nach 2 Std.
1	1/50	20.000	1	.	×	.	—	—	—	—	1.3
2	1/50	30.000	1	×	.	×	—	—	—	—	1.3
3	1/50	20.000	2		×	.	—	—	—	—	2.7
4	1/50	30.000	2	×	×	×	—	—	—	—	2.6
5	1/10	80.000	1	×	×	.	×	—	—		.
6	1/10	200.000	1	×	×		×	×	×	—	1.4
7	1/10	200.000	1	×	×	.	×	×	×	—	1.3
8	1/10	200.000	2	×	×		×	×	—	—	2.6
9	1/10	200.000	2	×	×	.	×	—	—	—	2.8

× bedeutet Wachstum der eingebrachten Keime.
— bedeutet kein Wachstum der eingebrachten Keime.
. bedeutet Versuch nicht ausgeführt.

Das Ergebnis ist aus der Tabelle I ersichtlich. Sie zeigt, daß Typhusbazillen in reinem Leitungswasser bei einem Keimgehalt bis zu 80 000 je 1 ccm durch 1 Tablette nach 30 Minuten vollständig abgetötet sind. Bei einem Keimgehalt von 200 000 je 1 ccm jedoch konnte durch 1 Tablette nach 1 Stunde keine Abtötung erzielt werden; hierzu waren schon 2 Stunden notwendig. Für 2 Tabletten genügte allerdings 1 Stunde Einwirkungsdauer, eine immerhin beträchtliche Zeit.

Entsprechend den oben gemachten Ausführungen über den notwendigen Sicherheitskoeffizienten ging ich nun dazu über, die Wirkung der Hydrosept-Tabletten auf Colibazillen zunächst in reinem Leitungswasser zu untersuchen. Die Versuchsanordnung war genau die gleiche, wie sie bei den Versuchen mit Typhusbazillen eben beschrieben worden ist.

Tabelle II.

a) Wirkung von 1 Hydrosept-Tablette auf 1 Liter mit Colibazillen versetztes Leitungswasser:

Keimgehalt in Normal-Ose je 1 Liter	Ergebnis nach Min. 10	20	30	60	120	Chlorüberschuß in mg nach 2 Stunden
1/1000	×	×	×	×	–	1.2
1/1000	×	×	×	×	–	1.0
1/10000	×	×	×	×	–	1 1
1/10000	×	×	×	–	–	1.3
1/10000	×	×	–	–	–	1.4
1/50000	×	×	–	–	–	1.3
1/100000	×	×	–	–	–	1.2
1/100000	–	–	–	–	–	1.1
1/500000	–	–	–	–	–	1.1
1/500000	–	–	–	–	–	1.2
1/1000000		–	–	–	–	1.1
1/1000000	–	–	–	–	–	1.4

b) Wirkung von 2 Hydrosept-Tabletten mit 1 Liter mit Colibazillen angesetztes Leitungswasser.

Keimgehalt in Normal-Ose je 1 Liter	Ergebnis nach Min. 10	20	30	60	120	Chlorüberschuß in mg nach 2 Stunden
1/100	×	×	×	–	–	2.8
1/100	×	×	×	–	–	2.4
1/1000	×	×	×	–	–	2.8
1/1000	×	×	–	–	–	2.8
1/10000	×	×	–	–	–	2.5
1/10000	×	–	–	–	–	2.7
1/100000	×	–	–	–	–	2.5
1/100000	–	–	–	–	–	2.7
1/1000000	×	–	–	–	–	2.6
1/1000000	–	–	–	–	–	2.6

Das Ergebnis — dargestellt in Tabelle II — zeigt, daß durch 1 Tablette eine vollständige Keimabtötung nach zehn Minuten erst zu erzielen war, als die Menge der eingebrachten Keime auf 1/500000 Normal-Oese, entsprechend etwa 10—50 Keimen je 1 ccm, gesenkt war. Die zehnfach größere Keimmenge erforderte eine ½stündige Einwirkung von 1 Tablette, Infektion mit 1/1000 Normal-Oese eine zweistündige Einwirkung. Versuche mit noch größeren Keimmengen habe ich zwar auch angestellt, wegen völliger Ergebnislosigkeit sie jedoch nicht in die Tabelle aufgenommen. Die Zugabe von 2 Tabletten wirkte natürlich intensiver. Hier ist nach 30 Minuten Einwirkungsdauer schon ein Erfolg bei 1/10000 Normal-Oese zu verzeichnen. Stärkere Bakterienzentrationen aber verlangten

auch eine Einwirkung von mindestens 1 Stunde. Bei einer Keimmenge von mehr als $^1/_{100}$ Normal-Oese war innerhalb von 2 Stunden in fünfmal wiederholten Versuchen auch mit 2 Tabletten ein Erfolg nicht zu erzielen. Auf die tabellarische Darstellung dieser völlig ergebnislosen Versuche wurde daher ebenfalls verzichtet.

Obgleich die Ergebnisse der Einwirkung der Tabletten auf nackte, d. h. mit keinen natürlichen Schutzhüllen wie Kot u. a. versehenen Bakterien, die ja für das Chlor besonders gut angreifbar sind, nicht sehr ermutigend waren, wurden doch noch weitere Versuche unternommen.

Und zwar wurde geprüft, ob die Hydrosept-Tabletten eine bakterizide Wirkung unter erschwerten Bedingungen entfalten können. Colibazillen werden ja natürlicherweise nicht als Abschwemmungen künstlicher Kulturen ins Wasser gelangen, sondern in Form von Kot. Die Kotpartikelchen, in denen die Bakterien enthalten sind, verleihen diesen einen gewissen Schutz gegen das Desinfiziens. Es wurde daher mit einer großen Bakterien-Oese etwas menschlicher Kot in zehn ccm steriles aq. dest. verrieben und hiervon 1 ccm einem Liter Leitungswasser zugesetzt. Vor der Zugabe der Tabletten wurde außer dem Keimgehalt auch der Colititer bestimmt. Hierbei wurde so vorgegangen, daß 5 ccm Wasser plus Stuhlaufschwemmung mit 45 ccm sterilem aq. dest. verdünnt wurden. Von der sich so ergebenden Verdünnung 1:10 wurden weitere Verdünnungen 1:100, 1:1000, 1:10000 und 1:100000 hergestellt und von diesen ebenso wie von dem unverdünnten Wasser je 1 ccm in Nährbouillon gegeben. Von den nach 48stündiger Bebrütung getrübten Röhrchen wurde je 1 Oese auf Endoagar ausgestrichen, um die Colibazillen zu identifizieren. Nach der Zugabe der Tabletten wurde in regelmäßigen Zeitabständen wieder der Colititer und zwar in der eben beschriebenen Weise ermittelt.

Tabelle III

Wirkung der Hydrosept-Tabletten auf 1 Liter mit Kot versetztes Wasser:

	Colititer vor Zugabe der Tabletten	Bakterienzahl in 1 ccm	Zahl der zugegeb. Tabletten	Ergebnis nach Minuten 15	30	60	120	Chlorübersch. in mg nach 2 Std.
1	1:1000	2000	1	—	—	—	—	1.4
2	1:1000	3000	1	× Unverd.	–	—	—	1.4
3	1:1000	2000	2	—	—	—	–	2.5
4	1:1000	3000	2	× unverd.	× Unverd. 1:10	—	—	2.4
5	über 1:100000		1			× 1:10	× 1:10	

× bedeutet Colibazillen nachgewiesen in Verdünnung 1:10, bezw. in unverdünntem Wasser

– bedeutet Colihazillen fehlen auch in unverdünntem Wasser

Wie aus der Tabelle III hervorgeht, konnte bei einem Colititer von 1:1000, der als verhältnismäßig niedrig angesprochen werden muß, eine völlige Abtötung der vorhandenen Colikeime durch 1 Tablette nach 30 Minuten erzielt werden. Auffallenderweise aber war in einem anderen Versuch mit 2 Tabletten bei einem Wasser von gleich hohem Colititer (1:1000) erst nach 60 Minuten ein Erfolg zu verzeichnen. Es spricht dies nicht gerade für eine sehr große Zuverlässigkeit der Tabletten. Bei einem Colititer von über 1:100000 waren auch nach 2 Stunden durch 2 Tabletten nicht alle Colibazillen abgetötet.

Während die bisherigen Versuche mit einem reinen, nur sehr wenig organische Substanz enthaltenden Leitungswasser ausgeführt wurden, wurde jetzt auch noch die Wirkung der Hydrosept-Tabletten auf die in einem natürlich verschmutzten und an organischer Substanz reichen Wasser vorhandenen Bakterien geprüft. Im Flußwasser sind ja bekanntlich immer durch Abwässer oder durch sonstige Zuleitungen von Fäces Colikeime vorhanden. Es wurde daher für diese Untersuchungen rohes Oderwasser benutzt, das von mir selbst zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Stellen entnommen worden war. Die Verarbeitung des Wassers erfolgte sofort, nachdem es ins Laboratorium gebracht worden war. Vor der Zugabe der Tabletten wurde wieder der Colititer sowie der Gehalt an organischer Substanz nach dem Kubel-Tiemannschen Verfahren bestimmt. Nach Zugabe der Tabletten wurde genau wie im vorhergehenden Versuch verfahren.

Tabelle IV.

Wirkung der Hydrosept-Tabletten auf 1 Liter rohes Oderwasser ohne Bakterienzusatz:

	Organische Substanz in mg $KMnO_4$	Colititer	Zahl der zugegeb. Tabletten	Ergebnis nach Minuten 30	50	120	Chlorüberschuß in mg nach 1 bezw. 2 Std.
I a	99.7	1:10	1	—	—		1.1
b	99.7	1:10	2	-	-	·	2.6
II a	78.4	1:1000	1	× 1:10	× Unverd.	× Unverd.	1.1
b	78.4	1:1000	2	× 1:10		—	2.2
III a	106.0	1:1000	1	× 1:1000	× 1:1000	·	1.1
b	106.0	1:1000	2	—	—		2.4
Va		1:10000	1	× 1:10	× 1:10	× 1:10	

Die Tabelle IV zeigt die hierbei gewonnenen Resultate. Aus ihnen geht hervor, daß bei dem sehr niedrigen Colititer von 1:10 eine völlige Abtötung der vorhandenen Colikeime mit 1 Tablette nach einer ½ Stunde Einwirkungsdauer gelang.

Bei einem, immer noch als sehr niedrig anzusehenden Colititer von 1:1000 konnte selbst nach 2 Stunden mit 1 Tablette keine völlige Abtötung erzielt werden. Dies gelang erst mit 2 Tabletten nach 1 Stunde Einwirkungsdauer. Diese Ergebnisse sind deutlich schlechter, als sie im vorhergehenden Versuch in einem mit Kotpartikelchen künstlich verunreinigten Leitungswasser festzustellen waren. Ich gehe wohl nicht fehl, wenn ich diesen Unterschied auf den größeren Gehalt des Oderwassers an organischer Substanz zurückführe.

Es blieb jetzt noch übrig, die von K l e p e t a r gemachten Angaben nachzuprüfen, ob durch Zusatz von Essigsäure eine Besserung der Wirkung der Hydrosept-Tabletten zu erzielen ist. Die Methodik dieser Versuche, die

a) mit Colibazillen in Reinkultur in reinem Leitungswasser,

b) mit rohem Oderwasser ohne Bakterienzusatz,

ausgeführt wurden, war die gleiche, wie bei den oben geschilderten Versuchen ohne Essigsäurezusatz. Bei den Versuchen mit der Colireinkultur wurde geprüft, welche Colimenge nach verschiedenen Zeiten abgetötet wird. Bei den Versuchen mit Oderwasser wurde nur der Colititer bestimmt. Als Kontrolle dienten Parallelversuche mit 1 Tablette ohne Essigsäurezusatz, sowie mit 0,5 ccm Essigsäure allein.

Tabelle V.

Wirkung der Hydrosept-Tabletten plus Zusatz von 0,5 ccm Essigsäure auf:

a) Colibazillen in 1 Liter Leitungswasser,

b) 1 Liter rohes Oderwasser ohne Bakterienzusatz.

	Keimgeh. i. Normal-Ose je 1 L.	Zusatz	Ergebnis nach Min. 10	20	30	60	120	Chlorüberschuß in mg nach 2 Stund.
	1/10	1 Tabl.+0.5 ccm Essigsäure	—	—	—	—	—	1.4
	1/100		—	—	—	—	–	1.1
	1/1000	"	–	—	–	—	–	1.3
	1/10000	"	—	—	–	—	–	1 4
	1/100000	"	—	—	—	–	—	1.4
Kontrolle	1/1000	1 Tablette allein	×	×	×	—	—	1.4
	1/1000	0,5 ccm Essigs.	×	×	×	×	×	
	1/10	1 Tabl.+0.5 ccm Essigsäure	—	—	-	—	–	1.3
	1/100		—	—	—	—	—	1.2
	1/1000	"	–	—	—	-	–	1.3
	1/10000	"	—	—	—	–	–	0.9
	1/100000	"	—	–	—	—	—	1.2
Kontrolle	1/1000	1 Tablette allein	×	×	×	×		1.2
	1/1000	0,5ccm Essigs.	×	×	×	×	×	

	Organische Substanz in mg l Kl n O_4	Colititer	Zusatz	Ergebnis nach Minuten			Clorüberschuß in mg nach 2 Stund.
				10	30	60	
	99 7	1:10	1 Tbl +0.5 ccm Essigsäure	–	-	—	0.9
Kontroll.	99.7	1:10	1 Tablette all.	.	—	—	1.1
	99.7	1:10	0.5 ccm Esssigs		× 1:10	× 1:10	
	106.0	1:1000	1 Tbl. +0 5 ccm Essigsäure	–	—	—	0.7
Kontroll.	106.0	1:1000	1 Tablette all.	.	× 1.1000	× 1:1000	1 1
	106.0	1:1000	0.5 ccm Essigs.		× 1:1000	× 1:1000	

Die in Tabelle V niedergelegten Resultate dieser Versuche ergaben in vollem Umfange eine Uebereinstimmung mit den von K l e p e t a r gemachten Feststellungen.

a) Sogar eine so hohe Keimmenge, wie sie $^1/_{10}$ Normal-Oese entspricht, konnte mit 1 Tablette plus 0,5 ccm Essigsäure innerhalb 10 Minuten vollständig abgetötet werden, während — wie die Kontrollversuche zeigen — selbst eine hundertfache kleinere Menge weder durch 1 Hydrosept-Tablette allein noch durch 0,5 ccm Essigsäure allein nach 2 Stunden Einwirkungsdauer abgetötet wurde.

b) Bei einem Colititer von 1:1000 in rohem Oderwasser mit 106,0 mg/1 Kaliumpermangat — einem sehr hohen Gehalt an organischer Substanz — konnte nach Zugabe von 1 Tablette plus 0,5 ccm Essigsäure völlige Abtötung der vorhandenen Colikeime innerhalb 10 Minuten erzielt werden, während die Kontrollen ergaben, daß bei Zugabe von 1 Tablette allein wie auch von 0,5 ccm Essigsäure allein der Colititer des Wassers nach 1 Stunde völlig unverändert war. Es ist demnach durch den Zusatz von 0,5 ccm Essigsäure auf 1 Liter Wasser eine sehr beträchtliche Steigerung der Wirkung zu erzielen. Jedoch ist dies nur in Haushaltungen durchführbar. Für die Verwendung auf Wanderungen usw. wird das Verfahren dadurch zu umständlich.

Mit den geschilderten Versuchen sind von den oben aufgestellten Forderungen, die an ein Trinkwasser-Desinfektionsmittel gestellt werden müssen, bis jetzt die ersten drei erledigt. Es bleibt noch übrig, eine evtl. Geschmacksveränderung, die die Hydrosept-Tabletten in Wasser hervorrufen, festzustellen (Forderung 4). Prüfungen, die mit reinem Leitungswasser erfolgten, ergaben, daß durch den Zusatz von 1 Tablette eine Beeinträchtigung des Geschmackes des Wassers nicht festzustellen war. Bei Zusatz von 2 Tabletten allerdings wurde von den meisten, die das Wasser kosteten, ein deutlicher Nachgeschmack nach Wasserstoffsuperoxyd angegeben. Immerhin aber würde man diese Geschmacksveränderung in Kauf nehmen

können, wenn die Wirkung der Tabletten sonst zufriedenstellend gewesen wäre.

Die Löslichkeit der Tabletten wurde nicht besonders protokolliert; nach den gemachten Beobachtungen liegt die untere Grenze bei 1, die obere bei 5 Minuten.

Fasse ich nun die Ergebnisse meiner Untersuchungen zusammen, so komme ich zu dem Schluß, daß die von der Chemischen Fabrik Heyden hergestellten Hydrosept-Tabletten, enthaltend 0,05 g Chloramin, dem für sie gedachten Zweck, nämlich als Desinfektionsmittel von Trinkwasser auf Märschen, Exkursionen usw. nicht zu dienen vermögen. Wohl konnten die zum Versuch verwandten Typhusbazillen in reinem Leitungswasser nach 30 Minuten abgetötet werden, aber schon bei Zusatz von kleinen Mengen Bakterium Coli, auf deren zuverlässige und schnelle Abtötung wir nicht verzichten können, trat die bakterizide Wirkung der Hydrosept-Tabletten erst nach 2 Stunden ein, während größere Mengen Colibazillen auch nach 2stündiger Einwirkung von 2 Tabletten nicht abgetötet werden konnten. Bei Verunreinigung reinen Leitungswassers mit Kotpartikelchen in geringem Umfange erfolgte eine völlige Entkeimung des Wassers erst nach ½ Stunde, bei stärkerer Verunreinigung blieb sie sogar nach 2 Stunden aus. In einem an organischer Substanz reichen Flußwasser konnten Colikeime in sehr geringer Zahl mit 1 Tablette auch nicht nach 2 Stunden abgetötet werden; mit 2 Tabletten erfolgte eine Abtötung erst nach 1 Stunde. Durch Zusatz von Essigsäure läßt sich allerdings die Wirkung der Hydrosept-Tabletten erheblich verbessern; deren Anwendung käme nur für den Gebrauch im Haushalt in Frage, sie ist jedoch auf Wanderungen, Märschen, Exkursionen usw. praktisch wohl nicht durchführbar. Die Hydrosept-Tabletten sind daher in ihrer jetzigen Form als ein zuverlässiges Desinfektionsmittel für Trinkwasser nicht anzusehen.

Am Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Lubinski für die Ueberlassung des Themas und die Förderung meiner Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Literatur

Graßberger und Nozizcka: Die Entkeimung des Wassers mit Chlor und die Entfernung des Chlorüberschusses nach der Entkeimung mit besonderer Berücksichtigung des Adler'schen Verfahrens. Wien 1927.

Prausnitz: Grundzüge d. Hygiene. München 1923. S. 167 ff.

Fischer und Proskauer: Mitteilungen aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte Band II, 1884,, S. 229.

Gärtner: Die Hygiene des Wassers. Braunschweig 1915.

Bruns: Das Gas- und Wasserfach. 1922. H. 45/48.

Ulsamer: Weichhardts Ergebnisse der Hygiene, Bakteriologie, Immunitätsforschung und experimentelle Therapie. Band 8. 1926. S. 661.

Wesenberg: Hygienische Rundschau. 1915. Band 25. S. 273.

Selter und Hilgers: Gesundheits-Ingenieur. 1923. S. 125.

Lutz: Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten, Band 107. 1927. S. 585.

Müller, Arno: Dasselbe, Band 108. 1928. S. 27.

Hahn, Schütz und Pavlides: Dasselbe, Band 108. 1928. S. 439.

Hairi: Dasselbe, Band 75. 1913. S. 40.

Elmanowitsch und Zaleski: Dasselbe, Band 78. 1914. S. 461.

Keiser: Das Gas- und Wasserfach. 1926. S. 41.

Froboese: Arbeiten aus dem Reichsgesundheitsamte. Band 52. 1920. S. 211.

Langer: Zeitschrift für Hygiene u. Infektionskrankheiten. Band 81. 1916. S. 296.

Bauer, Nozizcka und Stüber: Abhandlung aus dem Gesamtgebiete der Hygiene. Leipzig-Wien. 1928. 1, I.

Hilgers: Gesundheits-Ingenieur. 1928. Heft 12. S. 177.

Dudulowa: Zeitschrift für Desinfektion. 1929. Heft 5. S. 124.

Lindemann: Inaugural-Dissertation. Kiel 1929.

Falk: Zeitschrift für Desinfektions- und Gesundheitswesen. 1925. S. 1.

Lenz: Deutsche Medizinische Wochenschrift. 1924. S. 1337.

Lorenz: Medizinische Klinik 1927. S. 326.

Fetscher: Zeitschrift für Desinfektions- und Gesundheitswesen. 1928. S. 78.

Gotschlich: Handbuch der hygienischen Untersuchungsmethoden. Jena 1926. Band 1. S. 957.

Weyrauch: Centralblatt für Bakteriologie. I. Abteilung, Originale Band 103. S. 123. 1927.

Dakin: Compt. rend. de l'Acad. des sciences. 1915. Band 161. S. 150 (zitiert nach Lindemann).

Dold: Münch. med. Wochenschrift. 1921. S. 431.

Klimmer und Berger: Deutsche tierärztliche Wochenschrift 1921. S. 508.

Trautmann: Inaugural-Dissertation. Berlin 1921.

Fetscher Med. Klinik 1924. S. 1113.

Fetscher: Blätter für Volksgesundheitspflege 1926. S. 177.

Bergin: Centralblatt für Bakteriologie. 1. Abtlg. Originale Band 92. S. 465. 1924.

Hofmann: Berliner tierärztl. Wochenschrift. 1926. S. 489.

Köser: Centralblatt für Bakteriologie. I. Abtlg. Originale Band 99. S. 164. 1926.

Hieber: Münchner tierärztl. Wochenschrift. 1926. Heft 36/38.

Uhlenhuth und Heiler: Archiv für Hygiene. Band 93. S. 343. 1923.

Brunk: Centralblatt für Bakteriologie. I. Abtlg. Originale. Band 94. S. 236. 1925.

Laubenheimer: Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten. Band 100. 1923. S. 425.

Seligmann und Ditthorn: Klinische Wochenschrift 1923. S. 2283.

Dobbertin: Münchner med. Wochenschrift. 1921. S. 428.

Putnoky: Orvosi Hetilap. 1926. S. 699.

Techoueyres et Pollement: La Tribune medicale. 1926. S. 241 (zitiert nach Lindemann).

Ibanez: Laboratorio. 1926. S. 3364 (zitiert nach Lindemann).

Hoder: Münchner med. Wochenschrift. 1928. S. 1958.

Hailer: Centralblatt für Bakteriologie. I. Abtlg. Band 89. S. 2. 1922.

Hailer: in Weyls Handbuch der Hygiene. Leipzig 1922. Band 8. S. 975 und 987.

Klepetar: Zvlastni otisk z Vojenskych zdravotnickych. 1929. Band 5. S. 2.

Bürger: Gesundheits-Ingenieur. 1927. H. 50. S. 910.

Spitta: in Kolle, Kraus und Uhlenhuth: Handbuch der pathogenen Mikroorganimen. Jena. 1929. Band 10. S. 499.

Lehmann: Die Methoden der praktischen Hygiene. Wiesbaden. 1890. S. 226/230.

Lebenslauf

Am 23. Juli 1903 bin ich, Paul P a n k e, zu Posen als Sohn des 1919 verstorbenen Kaufmanns Siegfried P a n k e und seiner Ehefrau Elisabeth geb. H e l d t geboren. Ich bin preußischer Staatsbürger jüdischer Konfession. Von 1913 bis 1921 besuchte ich das Friedrich-Wilhelms-Gymnasium (später Deutsches Gymnasium) meiner Vaterstadt. Im Juni 1921 erhielt ich das Reifezeugnis. Von 1921 bis April 1926 betätigte ich mich kaufmännisch. Vom Sommersemester 1926 ab studierte ich an der Universität Breslau Zahnheilkunde und erhielt nach bestandenem Staatsexamen am 5. Dezember 1929 die Approbation als Zahnarzt.